



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 197 24 724 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
A 61 F 2/28  
A 61 B 17/56  
A 61 C 19/00  
A 61 C 7/00  
A 61 C 8/00

⑯ Aktenzeichen: 197 24 724.5  
⑯ Anmeldetag: 12. 6. 97  
⑯ Offenlegungstag: 24. 12. 98

⑯ Anmelder:  
Weiler, Matthias, Dr., 90402 Nürnberg, DE

⑯ Vertreter:  
Hafner und Kollegen, 90482 Nürnberg

⑯ Erfinder:  
gleich Anmelder

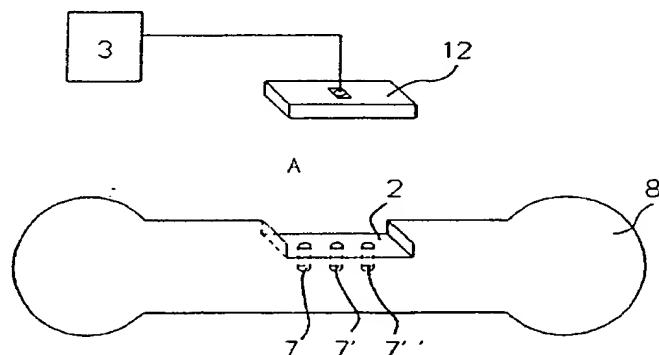
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 43 41 367 C1  
US 51 71 327  
US 45 75 805  
WO 97 02 788  
WO 96 37 163

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur Herstellung eines Knochenaugmentats sowie Knochenaugmentat

⑯ Die Erfindung betrifft ein Knochenaugmentat 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Knochenaugmentats 1, bei dem zum Aufbau oder Ersatz fehlender Knochen-(substanzen) im Knochenimplantatbereich Knochenersatzmaterialien als Aufbaumaterial verwendet werden, mit einem ersten Verfahrensschritt einer Erfassung der Geometriedaten des zur Einbringung des Knochenaugmentats 1 vorgesehenen Knochenimplantatsbereichs 2 durch eine Meßeinrichtung; einem zweiten Verfahrensschritt einer Ergänzung der durch die Meßeinrichtung 3 erfaßten Geometriedaten durch weitere Geometriedaten von Teilarealen 5 des Knochenimplantatsbereichs 2, die von der Meßeinrichtung 3 nicht erfaßt wurden; einem dritten Verfahrensschritt einer Konstruktion des Knochenaugmentats 1 nach den durch die weiteren Geometriedaten ergänzten Geometriedaten der Meßeinrichtung 3 unter Verwendung von CAD sowie einem vierten Verfahrensschritt einer Anfertigung des konstruierten Knochenaugmentats 1 durch eine Fertigungsanrichtung 6.



DE 197 24 724 A 1

DE 197 24 724 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Knochenaugmentats, bei dem zum Aufbau oder Ersatz fehlender Knochen-(substanzen) an den Knochenimplantatsbereich Knochenersatzmaterialien als Aufbaumaterial verwendet werden. Ferner betrifft die Erfindung ein Knochenaugmentat zum Aufbau oder Ersatz defekter oder fehlender Knochen-(substanzen) in einem Knochenimplantatsbereich.

Aus der WO 96/37163 ist ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur rechnergestützten Restauration von Zähnen bekannt, beim dem mit Hilfe einer Meßeinrichtung die Geometrie des zu restaurierenden Zahnes erfaßt wird und mit Hilfe von CAD/CAM das Zahnestaurat aus einem Block aus Zahnrestaurationsmaterial angefertigt wird.

Aus der WO 97/02788 geht ebenfalls ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur rechnergestützten Restauration von Zähnen hervor, wobei eine 3D-Meßkamera von dem zu erfassenden Zahn ein monochromes 3D-Bild erzeugt und zur besseren Bildinterpretation eine Überlagerung mit einem Farbvideobild erfolgt.

Die beschriebenen Meßeinrichtungen und insbesondere 3D-Meßkameras sind zur Erfassung vollständig getrockneter Zahnbereiche vorgesehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Knochenaugmentats sowie ein Knochenaugmentat mit Hilfe einer Meßeinrichtung anzubieten, wobei auch Geometriedaten nicht vollständig getrockneter Knochenimplantatsbereiche erfaßt werden können.

Die Aufgabe wird für das Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteile Verfahrensvarianten werden durch die Unteransprüche 2-17 realisiert.

Hinsichtlich des Knochenaugmentats wird die Aufgabe durch Patentanspruch 18 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen werden in den Unteransprüchen 19-25 beschrieben.

Das erfundungsgemäß Verfahren zur Herstellung eines Knochenaugmentats ermöglicht den Einsatz einer Meßeinrichtung auch außerhalb des Bereiches der Zahnrestauration bei Knochenimplantationen, bei denen auch Teilbereiche des Knochenimplantatsbereichs durch Blut oder Speichel bedeckt sind bzw. aufgrund des unregelmäßigen Oberflächenverlaufs des Knochenimplantatsbereichs eine vollständige Austrocknung nicht stattfinden kann.

Das erfundungsgemäß Verfahren kann somit insbesondere im Bereich der Oralchirurgie eingesetzt werden, wobei vor allem bei Knochenimplantationen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich derartige nicht getrocknete und von der Meßeinrichtung nicht erfaßbare Teilbereiche des Knochenimplantatsbereichs auftreten.

Erfindungsgemäß ist zunächst vorgesehen, den von der Meßeinrichtung erfaßbaren Knochenimplantatsbereichs zu vermessen und die zugehörigen Geometriedaten aufzunehmen.

In einem zweiten Verfahrensschritt werden dann die Teilbereiche des Knochenimplantatsbereichs, die aufgrund ihrer nicht getrockneten Oberfläche nicht zuverlässig von der Meßeinrichtung erfaßt werden können, durch Rückgriff auf weitere Geometriedaten ebenfalls in ihrer geometrischen Ausbildung aufgerollt.

Insgesamt wird durch die von der Meßeinrichtung erfaßten Geometriedaten und die zusätzlichen Geometriedaten ein Gesamtdatensatz erzeugt der eine geometrische Abbildung des gesamten Knochenimplantatsbereichs erlaubt. Mit diesem Gesamtdatensatz kann dann eine CAD-gestützte Konstruktion des Knochenaugmentats erfolgen. Schließlich kann dann eine Anfertigung des Knochenaugmentats an einer Fertigungseinrichtung stattfinden.

In einer vorteilhaften Verfahrensvariante bestehen die von

der Meßeinrichtung nicht erfaßten Teilareale des Knochenimplantatsbereichs aus Ausnehmungen. Letztere können beispielsweise im Rahmen einer kieferchirurgischen Präparation des Knochenimplantatsbereichs in den Restknochen 5 eingebracht worden sein.

Diese Ausnehmungen können einerseits als Bohrlöcher ausgeführt sein, um beispielsweise mit Vorsprüngen versehenen Knochenaugmentate durch Einschieben aufzunehmen.

Des Weiteren können die Ausnehmungen aber auch in 10 Form von Rillungen ausgebildet sein, um später aufzusetzende Knochenaugmentate in ihrer Lage zu fixieren.

Das erfundungsgemäß Verfahren erlaubt es nun, die Geometriedaten der mit Blut und Speichel bedeckten Ausnehmungen trotz ihrer Nichterkennbarkeit über die Meßeinrichtung 15 anderweitig zu erfassen.

Dies kann erfolgen, indem die geometrischen Lage- und Oberflächenparameter der Ausnehmungen (z. B. die Oberflächengüte und -tiefe sowie der Durchmesser der Bohrlöcher) als weitere Geometriedaten mit den von der Meßeinrichtung erfaßten Geometriedaten ergänzt werden.

Bei Einbringung einer Reihe von drei hintereinander angeordneten Bohrlöchern in einen Restknochen kann bei Verwendung von Standardbohrern mit bekanntem Durchmesser und festgelegter Bohrtiefe sowie bei festgelegter Richtung 20 der Bohrachsen eine Ergänzung der durch die Meßeinrichtung erfaßten Geometriedaten mit eben diesen genannten Daten der Bohrlöcher stattfinden.

Damit wird der gesamte Knochenimplantatsbereich einschließlich der Bohrlöcher mit ihrem Durchmesser ihrer 25 Tiefe geometrisch erfaßt.

Die Ergänzung der Geometriedaten der Meßeinrichtung durch die weiteren Geometriedaten der Ausnehmungen geschieht besonders vorteilhaft, wenn die Ausnehmungen eine geometrisch einfache Gestalt aufweisen und zueinander sich 30 in einer exakt definierten geometrischen Ausrichtung befinden.

Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß bei der Vorbearbeitung eines mit einem Implantat zu befüllenden Restknochens über eine am Restknochen angebrachte 35 Bohrschablone mit Standardbohrern exakt zueinander positionierte und ausgerichtete Bohrlöcher gesetzt werden.

Vorteilhafterweise sind die weiteren Geometriedaten zur Ergänzung der durch die Meßeinrichtung erfaßten Geometriedaten in einer Datei abgespeichert und einfach abrufbar.

Durch Abspeicherung in Standarddatensätzen können die weiteren Geometriedaten besonders bedienungsfreundlich auch durch eine Arzthelferin abgerufen werden und es können gegebenenfalls neue Standarddatensätze hinzugefügt werden.

Vorteilhafterweise umfaßt jeder Standarddatensatz sämtliche geometrisch relevanten Parameter (z. B. Oberflächen- 45 guete, Tiefe, Bohrdurchmesser) der jeweiligen Ausnehmungen.

Nachdem durch die Meßeinrichtung der Knochenimplantatsbereich geometrisch soweit wie möglich erfaßt wurde, können nun die noch nicht erfaßten Teilareale des Knochenimplantatsbereichs durch Abrufen der mit den jeweiligen Ausnehmungen in Verbindung stehenden Standarddatensätze ergänzt werden, so daß der angestrebte Gesamtdatensatz 50 zusammengestellt wird.

Dies kann auch durch eine Arzthelferin erfolgen welche die beim durch die Meßeinrichtung erfaßten geometriebild-aftretenden "Lücken" sukzessive durch Zuordnung der jeweiligen abgerufenen Standarddatensätze aufgefüllt. Es entsteht ein vollständig geometrisch erfaßter Knochenimplantatsbereich.

Nach Zusammenstellung des Gesamtdatensatzes erfolgt nun die Konstruktion des Knochenaugmentats mit Hilfe von

CAD (computer-aided-design). Durch den Gesamtdatensatz kann nun die gesamte Geometrie des Knochenaugmentats aus einem beliebig geformten Knochenrohling konstruiert werden. Vorteilhafterweise werden jedoch zur Zeitsparnis nur diejenigen Teilbereiche des Knochenrohlings konstruiert, welche keine standardisierten Abmessungen aufweisen.

Da Knochenaugmentate üblicherweise durch Einsetzen von Vorsprüngen in entsprechende Ausnehmungen des Restknochens eingesetzt werden, können entsprechend präparierte Knochenrohlinge mit einer bestimmten Anzahl von Vorsprüngen bereits vorfabriziert werden.

Der Konstruktionsaufwand besteht in diesem Fall nur noch darin, die vorfabrizierten Knochenrohlinge in denjenigen Bereichen nachzukonstruieren, in denen der ermittelte Gesamtdatensatz geometrisch von dem die Vorkonstruktion kennzeichnenden Datensatz abweicht.

Das vollständig konstruierte Knochenaugmentat kann über CAM (computeraided-manufacturing) zur Anfertigung des Knochenaugmentats durch die Fertigungseinrichtung (z. B. durch eine numerisch gesteuerte Frä- oder Schleifmaschine) erfolgen.

Vorteilhafterweise werden die in der jeweiligen Praxis oder Klinik erfaßten Geometriedaten des Knochenimplantatsbereichs durch Datenfernübertragung an eine dezentrale und von mehreren Praxen und Kliniken nutzbare CAD-Station übertragen. Dort erfolgt die Konstruktion des Knochenaugmentats.

In einer weiteren vorteilhaften Verfahrensvariante erfolgt auch eine Fernübertragung der Konstruktionsdaten des konstruierten Knochenaugmentats an eine Fertigungsstation, welche wiederum für mehrere Praxen und Kliniken kostengünstig Knochenaugmentate anfertigen kann.

Zur Erfassung der Geometriedaten ist die Meßeinrichtung vorteilhafterweise mit einem 3D-Meßgerät ausgestattet. Die Meßeinrichtung umfaßt in einer besonders vorteilhaften Verfahrensvariante einen an die Geometrie des zur erfassenden Knochenimplantatsbereichs angepaßten Meßkopf. Beispielsweise kann bei einer oralchirurgischen Anwendung des erfundungsgemäßen Verfahrens der Meßkopf der Meßeinrichtung dem Verlauf des Ober- oder Unterkiefers folgen und wie ein Abdrucklöffel den jeweiligen Ober- oder Unterkiefer über- bzw. unterdecken.

Über austauschbare Meßköpfe können an die unterschiedlichen Knochenimplantatsbereiche angepaßte meßtechnisch optimierte Ergebnisse erzielt werden.

Zur weiteren Verbesserung der Ergebnisse kann der Meßkopf der Meßeinrichtung verstellt und an die Geometrie des jeweiligen Knochenimplantatsbereichs besonders exakt angepaßt werden.

Das erfundungsgemäße Knochenaugmentat, das zum Aufbau oder Ersatz defekter oder fehlender Knochen in einem Knochenimplantatsbereichs eingesetzt wird, weist Verbindungselemente auf, die beim Einsetzen des Knochenaugmentats in den Knochenimplantatsbereich mit entsprechenden Ausnehmungen im Knochenimplantatsbereich korrespondieren.

Bisher war es üblich, Knochenersatzmaterialien im Knochenimplantatsbereich aufzulegen und durch Überdeckung einer atmungsaktiven Membran bis zum Verwachsen des Knochenersatzmaterials mit dem Körperknochen am Verutschen zu verhindern.

Durch das ineinandergreifen korrespondierender Verbindungselemente und Ausnehmungen beim erfundungsgemäßen Knochenaugmentat kann auf eine überdeckende Membran zur Lagefixierung verzichtet werden.

Die Anfertigung des Knochenaugmentats kann besonders kostengünstig bei Verwendung eines bereits vorgefertigten Knochenrohlings aus Knochenersatzmaterial erfolgen.

Dieser Knochenrohling weist vorteilhafterweise vorbearbeitete Teilelemente auf, so daß bei der Anfertigung des Knochenaugmentats aus dem Knochenrohling keine vollständige Bearbeitung des Knochenrohlings erfolgen muß.

5 In besonders vorteilhaften Ausführungsformen sind diese vorbearbeiteten Teilelemente des Knochenrohlings als Vorsprünge oder Leisten ausgebildet, welche beispielsweise im Bereich der Verbindungselemente des Knochenrohlings angebracht sind und diese Verbindungselemente in unbearbeiteter und angedeuteter Form bereits enthalten.

Zur Herausbildung der angestrebten geometrischen Struktur dieser Verbindungselemente kann dann entweder vollständig auf die bereits vorgefertigten Teilelemente des Knochenrohlings zurückgegriffen werden oder es muß eine nur unerhebliche Nachbearbeitung dieser Teilelemente erfolgen.

Hinsichtlich des Materials bestehen das Knochenaugmentat bzw. der Knochenrohling vorteilhafterweise aus BMP (bone-morphogenic proteins)haltigen Knochenersatzmaterialien, welche in Verbindung mit heterologen Knochenersatzmaterialien als Trägersubstanz eine osteoinduktive Wirkung besitzen, so daß an den gewünschten Stellen im Knochenimplantatsbereich ein Wiederaufbau der Knochen erfolgt.

20 25 Bei der Materialwahl für das Knochenaugmentat bzw. den Knochenrohling kann auch auf körpereigene Knochensubstanz, die beispielsweise aus der Hüfte, den Schädelbereichen oder dem Kiefer entnommen wurde, zurückgegriffen werden.

30 Schließlich stehen als Materialien noch heterologe Knochenersatzmaterialien (z. B. entweißter boviner Knochen, Glaspartikel, (phyogenes) Hydroxylapatit, Tricalciumphosphat) zur Verfügung.

Das erfundungsgemäße Knochenaugmentat kann also aus einer Vielzahl verschiedener Materialien bestehen, die auch untereinander zur Erreichung vorteilhafter Materialeigenschaften kombinierbar sind.

Weitere Einzelheiten des erfundungsgemäßen Verfahrens sowie des Knochenaugmentats sind in den Zeichnungsfiguren in Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines von einer Meßeinrichtung abgetasteten Knochen mit Knochenimplantatsbereich;

Fig. 2 eine Ansicht A nach Fig. 1;

Fig. 3 eine weitere Ansicht A nach Fig. 1;

Fig. 4a eine perspektivische Ansicht eines ersten Knochenrohlings;

Fig. 4b eine Ansicht der Unterseite des Knochenrohlings nach Fig. 4a;

50 Fig. 5 eine perspektivische Ansicht eines zweiten Knochenrohlings;

Fig. 6a eine perspektivische Ansicht eines fertig bearbeiteten Knochenaugmentats;

Fig. 6b eine Ansicht der Unterseite des fertig bearbeiteten Knochenaugmentats nach Fig. 6a sowie

Fig. 7 ein Knochen mit einem eingesetzten Knochenaugmentat;

Fig. 8a eine Meßeinrichtung mit einem ersten Meßkopf;

Fig. 8b eine Meßeinrichtung mit einem zweiten Meßkopf;

Fig. 9 ein Systemschaltbild mit einer Verknüpfung wesentlicher Komponenten des erfundungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt einen Knochen 8, bei dem im Knochenimplantatsbereich 2 ein Knochenaugmentat 1 einzubringen ist. Der Knochenimplantatsbereich 2 weist als Ausnehmungen Bohrlöcher 7, 7', 7" auf, welche zur Aufnahme korrespondierender Vorsprünge eines einzusetzenden Knochenaug-

mentats **1** dienen. Der Knochenimplantatsbereich **2** wird über einen an eine Meßeinrichtung **3** angeschlossenen Meßkopf **12** zur Ermittlung der Geometriedaten des Knochenimplantatsbereichs **2** abgetastet.

Über die Meßeinrichtung **3** wird das in Fig. 2 abgebildete erfaßbare Teilareal **5** des Knochens **8** erfaßt.

Da die Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''** mit Blut oder Schleim bedeckt oder gefüllt sind und sich somit in einem ungetrockneten Zustand befinden, können die geometrischen Daten der Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''** (z. B. Oberflächengüte, Bohrtiefe) von der Meßeinrichtung **3** über den Meßkopf **12** nicht erfaßt werden.

Der Knochenimplantatsbereich **2** weist somit nicht-erfaßbare Teilareale **6**, **6'**, **6''** nach Fig. 3 auf.

Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, die von der Meßeinrichtung **3** erfaßten Geometriedaten des erfaßbaren Teilareals **6** durch weitere Geometriedaten zu ergänzen. Bei Einführung der Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''** in identischen Abständen und unter Verwendung von Standardbohrern (gegebenenfalls unter Mithilfe einer am Knochen **8** angebrachten Bohrschablone) können nun die Geometriedaten der Werkzeuge, welche die Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''** erzeugt haben, zur Ergänzung der bereits durch die Meßeinrichtung **3** ermittelten Geometriedaten des erfaßbaren Teilareals **5** verwendet werden.

Da hierdurch die bisher nicht erfaßbaren Teilareale **6**, **6'**, **6''** z. B. mit ihrer Bohrtiefe und Oberflächengüte der Bohrung erfaßt werden, entsteht ein Gesamtdatensatz, welcher die Geometriedaten des erfaßbaren Teilareals **5** sowie der über die Meßeinrichtung **3** nicht erfaßbaren Teilareale **6**, **6'**, **6''** beinhaltet. Dieser Gesamtdatensatz kann nun zur Anfertigung eines Knochenaugmentats **1** dienen.

Das Knochenaugmentat **1** (vgl. Fig. 6a) kann aus einem Knochenrohling **11** nach Fig. 4a oder Fig. 5 angefertigt werden. Der Knochenrohling **11** nach Fig. 4a weist vorbearbeitete Teilbereiche, nämlich Vorsprünge **9**, **9'**, **9''** auf, die, gegebenenfalls nach einer Bearbeitung, in entsprechende Ausnehmungen, z. B. die Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''** des Knochenimplantatsbereichs **2** einsetzbar sind.

In einer weiteren Ausführungslinie kann der Knochenrohling **11** nach Fig. 5 auch vorbearbeitete Teilelemente in Form einer Leiste **10** aufweisen.

Nachdem der gesamte Datensatz des Knochenimplantatsbereichs **2** ermittelt wurde, kann nun ausgehend vom Knochenrohling **11** entweder eine Gesamtbearbeitung des Knochenrohlings **11** oder eine Bearbeitung in denjenigen Teilbereichen erfolgen, in denen Abweichungen zwischen dem Geometriezustand des Knochenrohlings **11** und dem Gesamtdatensatz bestehen.

Nach der Bearbeitung des Knochenrohlings **11** entsteht das bearbeitete und einsatzbereite Knochenaugmentat **1** nach Fig. 6a, welches im Vergleich zum Knochenrohling **11** nach Fig. 4a, bearbeitete Vorsprünge **16**, **16'**, **16''** aufweist, die nach Fig. 6b im Gegensatz zu den unbearbeiteten Vorsprüngen **9**, **9'**, **9''** nun einen kreisförmigen statt rechteckigen Querschnitt aufweisen.

Das fertig bearbeitete Knochenaugmentat **1** kann nun in den Knochenimplantatbereich **2** des Knochens **8** eingesetzt werden. Die jeweiligen Vorsprünge **9** und Bohrlöcher **7** greifen paßgenau ineinander.

Neben den Vorsprüngen **9** bzw. der Leiste **10** können sämtliche weitere Geometriebereiche des Knochenrohlings **11** bearbeitet werden.

Fig. 8a zeigt einen aus mehreren Meßkopfmodulen **17** aufgebauten Meßkopf **12**, wobei die einzelnen Meßkopfmodule **19** durch flexible Verbindungslemente verbunden sind und durch Umstecken eine Änderung der geometrischen zwei- oder dreidimensionalen Ausdehnung des Meßkopfes

**12** erreicht werden kann (vgl. Fig. 8b).

Fig. 9 zeigt in einem Systemschaltbild die Abtastung eines Knochens **8** mit Knochenimplantatsbereich **2**, welcher Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''** aufweist. Die Abtastung erfolgt durch einen an die Geometrie des Knochenimplantatsbereichs **2** angepaßten Meßkopf **12**, der die erfaßten Daten an eine Meßeinrichtung **3** weiterleitet.

Von der Meßeinrichtung **3** werden die erfaßten Daten an die CAD-Station **13** weitergeführt und dort oder in einem vorherigen Zwischenschritt mit weiteren Geometriedaten (z. B. der Bohrlöcher **7**, **7'**, **7''**) ergänzt, die in einem Speicher **14** für Standarddaten abgelegt sind.

In diesem Speicher **14** sind Sätze von Geometriedaten von im Knochenimplantatsbereich **2** einbringbaren Ausnehmungen (z. B. Bohrlöchern oder Rillen) abgespeichert, so daß den im jeweiligen Knochenimplantatsbereich **2** vorhandenen Ausnehmungen durch einfaches Abrufen der Standarddaten des Speichers **14** eine Ergänzung der durch die Meßeinrichtung **3** ermittelten Geometriedaten und in der CAD-Station **13** aus dem Gesamtdatensatz eine Konstruktion des Knochenaugmentats **1** erfolgen kann.

Die Daten des konstruierten Knochenaugmentats **1** werden an eine Fertigungseinrichtung, insbesondere eine Schleifmaschine **15** oder eine Fräsmaschine, weitergeleitet, so daß mit Hilfe von CAM in der Fertigungseinrichtung eine Fertigung des Knochenaugmentats **1** erfolgen kann.

Zwischen der Meßeinrichtung **3** und/oder der CAD-Station **13** und/oder der Fertigungseinrichtung (Schleifmaschine **15**) können Datensätze mittels Fernübertragung übermittelt werden, so daß gegebenenfalls zur Kostenersparnis an eine einzige CAD-Station **13** und an eine einzige Fertigungseinrichtung (Schleifmaschine **15**) eine Vielzahl von dezentral in Praxen oder Kliniken angeordnete Meßeinrichtungen **3** angeschlossen werden kann.

Der an die Meßeinrichtung **3** angeschlossene Meßkopf **12** ist vorteilhafterweise austauschbar und/oder verstellbar, um eine weitgehende Anpassung an unterschiedliche Geometrien des Knochenimplantatsbereichs **2** (z. B. den Verlauf des Ober- oder Unterkiefers, s. Fig. 8b) zu erreichen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Knochenaugmentat
- 2 Knochenimplantatsbereich
- 3 Meßeinrichtung
- 4 Meßkopf
- 5 erfaßbares Teilareal
- 6 nicht erfaßbares Teilareal
- 7 Bohrloch
- 7' Bohrloch
- 7'' Bohrloch
- 8 Knochen
- 9 Vorsprung
- 10 Leiste
- 11 Knochenrohling
- 12 Meßkopf
- 13 CAD-Station
- 14 Speicher
- 15 Schleifmaschine
- 16 bearbeiteter Vorsprung
- 17 Meßkopfmodul

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Knochenaugmentats, bei dem zum Aufbau oder Ersatz fehlender Knochen-(substanz) im Knochenimplantatbereich Knochenersatzmaterialien als Aufbaumaterial verwendet

werden, mit folgenden Verfahrensschritten:

- a) Erfassung der Geometriedaten des zur Einbringung des Knochenaugmentats (1) vorgesehenen Knochenimplantatsbereichs (2) durch eine Meßeinrichtung (3); 5
- b) Ergänzung der durch die Meßeinrichtung (3) erfaßten Geometriedaten durch weitere Geometriedaten von Teilarealen (6) des Knochenimplantatsbereichs (2), die von der Meßeinrichtung (3) nicht erfaßt wurden; 10
- c) Konstruktion des Knochenaugmentats (1) nach den durch die weiteren Geometriedaten ergänzten Geometriedaten der Meßeinrichtung (3) unter Verwendung von CAD sowie 15
- d) Anfertigung des konstruierten Knochenaugmentats (1) durch eine Fertigungseinrichtung (6).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Meßeinrichtung (3) nicht erfaßten Teilareale (6) des Knochenimplantatsbereichs (2) Ausnahmen darstellen. 20

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnahmen Bohrlöcher (7) darstellen.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnahmen Rillungen darstellen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2–4, dadurch gekennzeichnet, daß die durch Meßeinrichtung (3) ermittelten Geometriedaten durch geometrische Lage- und/oder Oberflächenparameter der Ausnahmen (z. B. Oberflächengüte, Tiefe der Ausnahmen) als weitere Geometriedaten ergänzt werden. 25

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2–5, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Geometriedaten in einer Datei abgespeichert sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Geometriedaten als Standarddatensätze abgespeichert sind. 30

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5–7, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Standarddatensatz sämtliche geometrisch relevanten Parameter einer Ausnahme (z. B. Oberflächengüte, Tiefe der Ausnahme) umfaßt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6–8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ergänzung der durch die Meßeinrichtung (3) erfaßten Geometriedaten mit weiteren Geometriedaten durch Abruf von (Standard-)datensätzen erfolgt. 45

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Konstruktion des Knochenaugmentats (1) die nicht standardisierten Teilbereiche des unbearbeiteten Knochenaugmentats (1), also des Knochenrohlings (11), konstruiert werden. 50

11. Verfahren nach Anspruch 1–10, dadurch gekennzeichnet, daß in die Ausnahmen eingreifende Vorsprünge (9) des Knochenrohlings (11) standardisierte Abmessungen (z. B. Querschnitte, Abstände) aufweisen. 55

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–11, dadurch gekennzeichnet, daß die CAD-Daten des konstruierten Knochenaugmentats (1) über CAM zur Anfertigung des Knochenaugmentats (1) dienen. 60

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–12, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßten Geometriedaten der Meßeinrichtung (3) und/oder die ergänzten weiteren Geometriedaten mittels Datenfernübertragung an eine CAD-Station (13) zur Konstruktion und/oder an eine Fertigungseinrichtung zur Anfertigung des konstruierten Knochenaugmentats (1) übertragen werden. 65

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–13, da-

durch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (3) ein 3D-Meßgerät, insbesondere eine 3D-Meßkamera, darstellt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–14, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (3) einen an die Geometrie des zu erfassenden Knochenimplantatsbereichs (2) angepaßten Meßkopf (12) aufweist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–15, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (3) einen austauschbaren Meßkopf (12) aufweist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–16, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (12) zur Anpassung an die Geometrie des zu erfassenden Knochenimplantatsbereichs (2) verstellbar ist.

18. Knochenaugmentat zum Aufbau oder Ersatz defekter oder fehlender Knochen in einem Knochenimplantatsbereichs, insbesondere zur Herstellung nach einem Verfahren nach der Ansprüche 1–17, dadurch gekennzeichnet, daß das Knochenaugmentat (1) Verbindungselemente aufweist, welche beim Aufsetzen/Einsetzen des Knochenaugmentats (1) in den Knochenimplantatsbereich (2) mit entsprechenden Ausnehmungen im Knochenimplantatsbereich (2) korrespondieren.

19. Knochenaugmentat nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Knochenaugmentat (1) vor der Bearbeitung durch die Fertigungsvorrichtung aus einem vorgefertigten Knochenrohling (11) aus Knochenersatzmaterial besteht.

20. Knochenaugmentat nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Knochenrohling (11) vorbearbeitete Teilelemente aufweist.

21. Knochenaugmentat nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Knochenrohling (11) mindestens einen Vorsprung (9) aufweist.

22. Knochenaugmentat nach einem der Ansprüche 19–21, dadurch gekennzeichnet, daß der Knochenrohling (11) mindestens eine Leisten (10) aufweist.

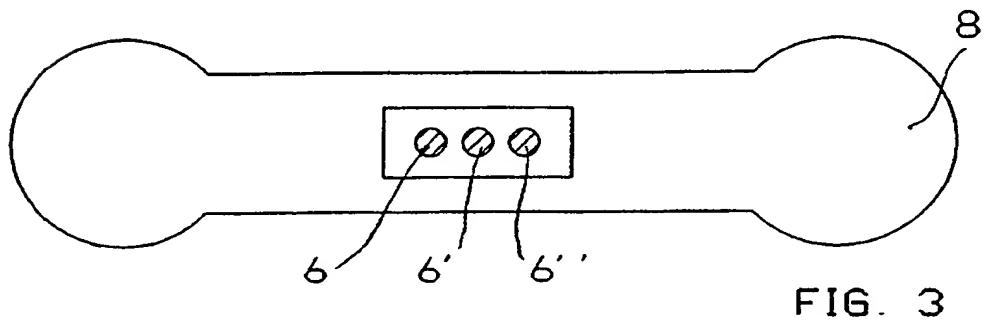
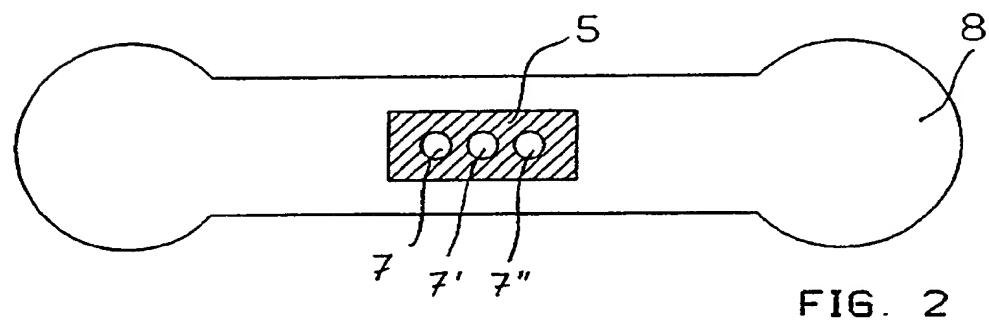
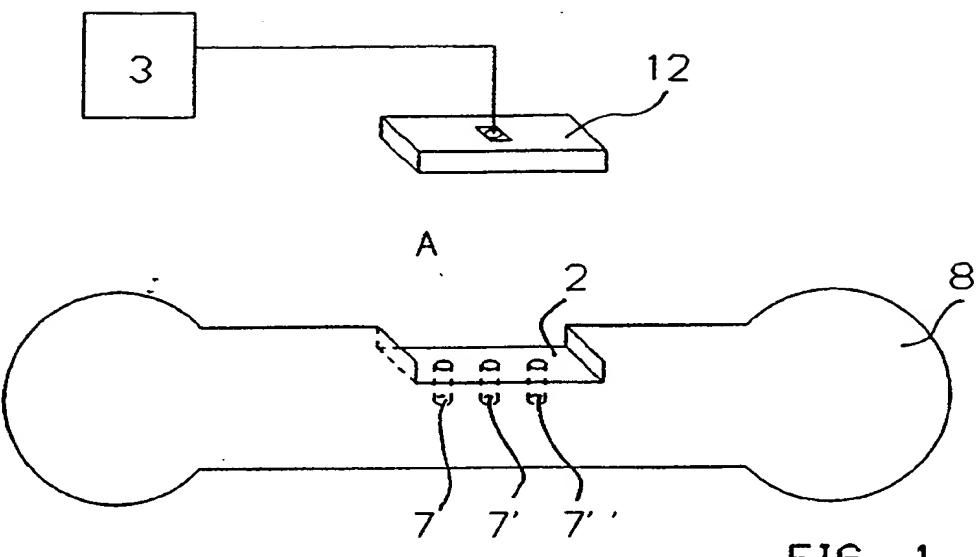
23. Knochenaugmentat nach einem der Ansprüche 18–22, dadurch gekennzeichnet, daß das Knochenaugmentat (1) bzw. der Knochenrohling (11) BMP-(bone-morphogenic-protein)-haltiges Kochenersatzmaterial aufweist.

24. Knochenaugmentat nach einem der Ansprüche 18–23, dadurch gekennzeichnet, daß der Knochenaugmentat (1) und der Knochenrohling körpereigenes Kochenersatzmaterial aufweisen.

25. Knochenaugmentat nach einem der Ansprüche 18–24, dadurch gekennzeichnet, daß heterologes Knochenersatzmaterial (z. B. Tricalciumphosphat) aufweisen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**



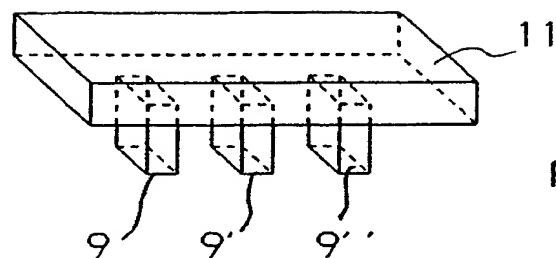


FIG. 4a

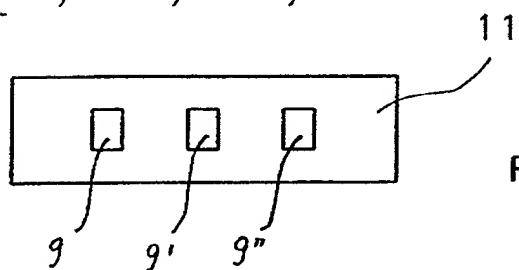


FIG. 4b

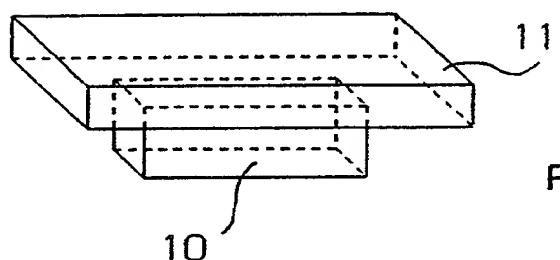


FIG. 5

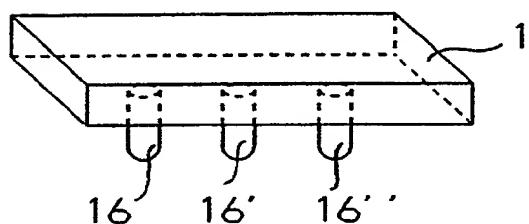


FIG. 6a

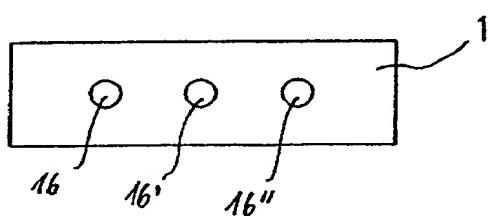


FIG. 6b

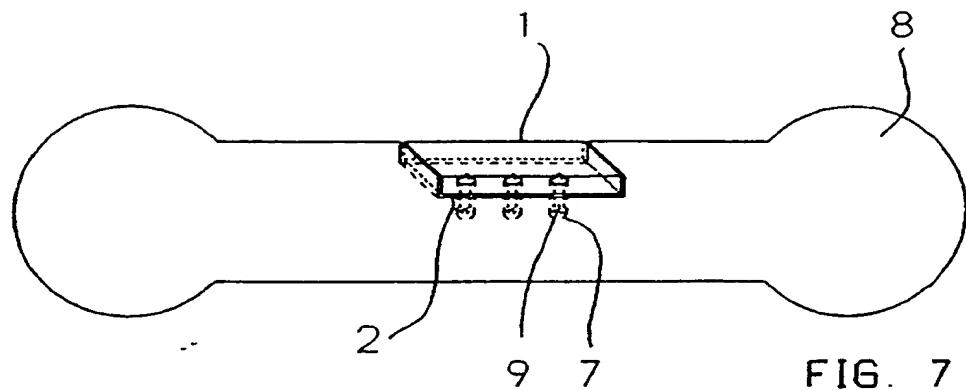


FIG. 7

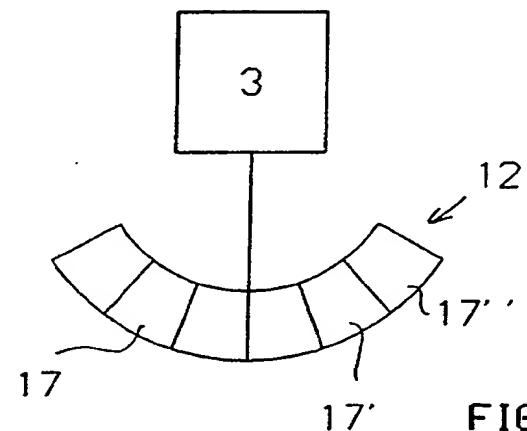


FIG. 8a

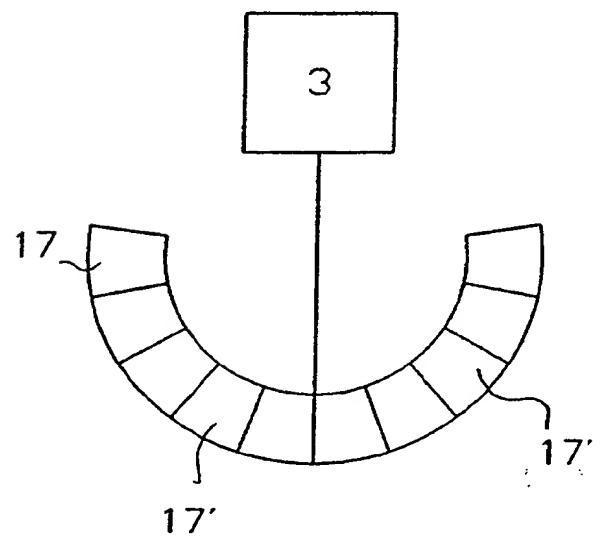


FIG. 8b

